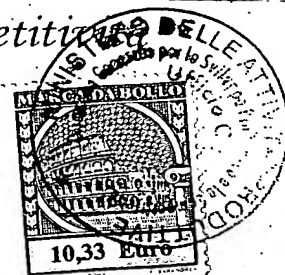




Ministero delle Attività Produttive
Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività
Ufficio Italiano Brevetti e Marchi
Ufficio G2



Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per: **Invenzione Industriale**

N. MI2003 A 001924

*Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.*

Roma, li 29 DIC. 2003

per IL DIRIGENTE

Paolo Livano

Dressa Paola Giuliana

AL MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO

UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI - ROMA

DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE, DEPOSITO RISERVE, ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO

MODULO A



A. RICHIEDENTE (I)

1) Denominazione **ATMEL CORPORATION**Residenza **San Jose, CA (US)**

codice

2) Denominazione

Residenza

codice

B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome nome **Parisi Luigi ed altri**

cod. fiscale

denominazione studio di appartenenza

Ufficio Internazionale Brevetti Ing.C.Gregorj S.p.A.via **Dogana**

n.

1

città

MILANO

cap

20123(prov) **MI**

C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario

via

n.

città

cap

(prov)

D. TITOLO

classe proposta (sez/cl/sct)

H02H

gruppo/sottogruppo

"Convertitore da digitale ad analogico ad alta precisione con consumo di energia ottimizzato"

ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO:

SI ☐NO ☒

SE ISTANZA: DATA

N° PROTOCOLLO

E. INVENTORI DESIGNATI

cognome nome

1) **SIVERO, Stefano**

cognome nome

3) **FRULIO, Massimiliano**2) **BEDARIDA, Lorenzo**

4)

F. PRIORITÀ

nazione o organizzazione

tipo di priorità

numero di domanda

data di deposito

allegato
S/R

1)

//

2)

SCIOGLIMENTO RISERVE

Data

N° Protocollo

G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA CULTURE DI MICROORGANISMI, denominazione

H. ANNOTAZIONI SPECIALI

DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

N. es.

Doc. 1)

1

PROV

n. pag.

32

riassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare)

Doc. 2)

1

PROV

n. tav.

07

disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare)

Doc. 3)

0

RIS

lettera d'incarico, procura o documento procura generale

Doc. 4)

1

RIS

designazione inventore

Doc. 5)

0

RIS

documenti di priorità con traduzione in italiano

Doc. 6)

0

RIS

autorizzazione o atto di cessione

Doc. 7)

0

nominativo completo del richiedente

8) attestati di versamento, totale in euro

Duecentonovantuno/80.=

obbligatorio

COMPILATO IL **07/10/2003**

FIRMA DEL(I) RICHIEDENTE(I)

Parisi LuigiCONTINUA SI/NO **NO**

DEL PRESENTE ATTO SI RICHIEDE COPIA AUTENTICA SI/NO

SI

C.C.I.A.A.

MILANO

codice

15

VERBALE DI DEPOSITO

NUMERO DI DOMANDA

MI2003A 001924

Reg. A.

L'anno millenovecento

DUEMILATRE**SETTE**

del mese di

OTTOBRE

il(i) richiedente(i) sopraindicato(i) ha(hanno) presentato a me sottoscritto la presente domanda, corredata di n.

00

fogli aggiuntivi per la concessione del brevetto sopraindicato.

I. ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIALE ROGANTE

IL RAPPRESENTANTE, INFORMATO DEL CONTENUTO DELLA**CIRCOLARE N. 423 DEL 01/03/2004, HA FETTUO IL DEPOSITO CON RISERVA DI****LETTERA D'INCARICO:**

IL DEPOSITANTE

dell'Ufficio

L'UFFICIALE ROGANTE

M. CORTONESI

112003A 001924

07/10/2003

/ /

D. TITOLO

"Convertitore da digitale ad analogico ad alta precisione con consumo di energia ottimizzato"

L. RIASSUNTO

Un circuito regolato di pompa di carica avente mezzi di commutazione a due vie che commutano tra un primo percorso di retroazione, che fornisce un'uscita di tensione precisa e stabile, e un secondo percorso di retroazione che fornisce un'uscita di tensione regolata con un basso consumo di corrente dalla sorgente di energia. Il primo percorso di retroazione mantiene un'uscita di tensione precisa regolando un dispositivo regolatore che preleva corrente all'uscita di tensione. Il secondo percorso di retroazione regola l'uscita di tensione controllando la connessione di un ingresso del temporizzatore alla pompa di carica. Un resistore variabile viene utilizzato per stabilire il livello regolato dell'uscita di tensione. Un convertitore da digitale ad analogico viene formato utilizzando un circuito logico di combinazione per convertire un segnale di ingresso digitale in un segnale di controllo per il resistore variabile.

(Fig. 1)

M. DISEGNO

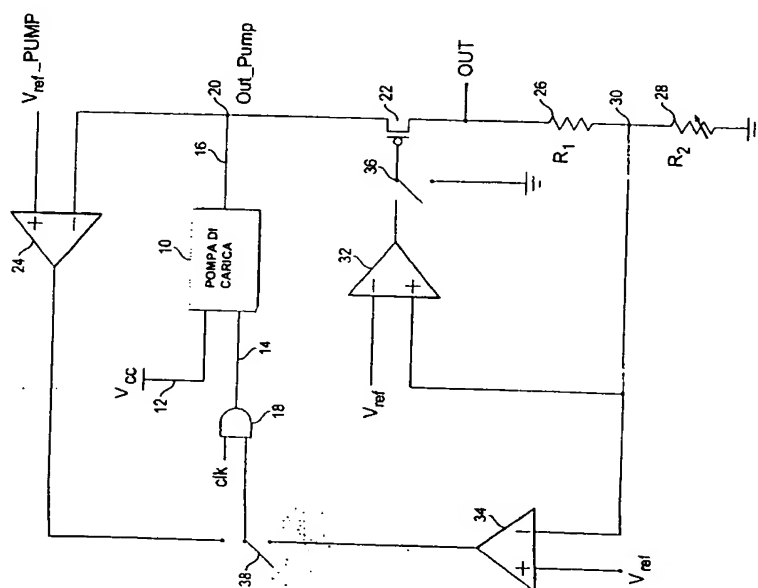


Fig. 1

(Ing. L. Parisi)
n. Albo 852

4/119434

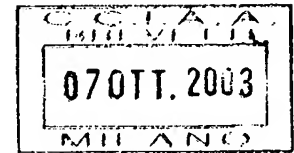
Descrizione del brevetto per invenzione industriale
avente per titolo:

"Convertitore da digitale ad analogico ad alta precisione con consumo di energia ottimizzato"

a nome: **Atmel Corporation**

con sede: **2325 Orchard Parkway**

San Jose, CA 95131 (U.S.A.)



di nazionalità statunitense ed elettivamente domici-

liata presso i suoi mandatarî: Dr. E. Klausner, Dr.

A. Santostefano, p.i. R. Monti, Ing. L. Parisi, Sr.

E. Ferrari, a Milano, Via Dogana 1

(Ufficio Internazionale Brevetti Ing. C.Gregorj S.p.A.)

depositata il

Nr.

* * * * *

MI 200 34001924

Descrizione

Campo tecnico

La presente invenzione si riferisce alla produzione di una tensione stabile e precisa da una fonte di energia non regolata, e più in particolare alla regolazione dell'uscita di tensione (V_{out}) di una pompa di carica.

Tecnica di sfondo

Esistono varie soluzioni per regolare la tensione d'uscita di una fonte di energia non regolata, come

una pompa di carica, per fornire una tensione di uscita stabile e costante. Alcune soluzioni si basano su sistemi che confrontano la tensione d'uscita della pompa di carica con una tensione di riferimento e generano successivamente il segnale di uscita che ferma il temporizzatore che alimenta la pompa di carica quando viene raggiunta la tensione desiderata. Tuttavia, a causa del ritardo di propagazione inevitabile del loop di controllo nel fermare il temporizzatore e della fluttuazione periodica dell'ampiezza della tensione di uscita, dovuta all'azione di pompaggio, si osserveranno ondulazioni di tensione in corrispondenza dell'uscita di tensione regolata. Sebbene esistano modi per minimizzare le ondulazioni, esse non possono venire eliminate completamente. Come risultato, queste ondulazioni possono rappresentare un problema per quelle applicazioni che richiedono una fonte di energia molto precisa.

In alternativa uno schema di regolazione seriale, in cui un dispositivo regolatore viene connesso tra l'uscita non regolata della pompa di carica e l'uscita di tensione regolata, fornisce un'uscita di tensione più costante. Il dispositivo regolatore, essendo controllato da un loop di retroazione munito di un amplificatore d'errore, assorbe una quantità ap-

propriata di corrente in risposta all'uscita dell'amplificatore d'errore, mantenendo in tal modo un'uscita di tensione stabile e precisa. Tuttavia, il consumo di energia di tale dispositivo è elevato in corrispondenza di uscite di alta tensione, poiché l'amplificatore d'errore deve essere alimentato dall'uscita della pompa di carica per azionare adeguatamente la porta del dispositivo regolatore. Un'altra sorgente di consumo di energia è la corrente di polarizzazione che attraversa il dispositivo regolatore.

Sarebbe dunque desiderabile un sistema di regolazione della tensione che fornisca un'uscita di tensione stabile e precisa senza gli svantaggi dell'elevato consumo di energia.

Descrizione dell'invenzione

La presente invenzione regola un'uscita della pompa di carica attraverso un percorso selezionato tra due percorsi di retroazione. Un primo percorso di retroazione utilizza un dispositivo regolatore che assorbe una quantità appropriata di corrente dall'uscita della pompa di carica in modo da fornire una tensione di uscita stabile e precisa. Un secondo percorso di retroazione regola la tensione di uscita controllando l'ingresso del temporizzatore della pom-

(ing. L. Parisi)
n. Adm 852

pa di carica, fornendo in tal modo una tensione di uscita regolata con un basso consumo di energia. I percorsi di retroazione vengono scelti per mezzo di una coppia di mezzi di commutazione a due vie che passa dall'uno all'altro dei due percorsi di retroazione con il variare della domanda del livello di tensione di uscita. Per un'uscita a bassa tensione con elevata precisione, viene scelto il primo percorso di retroazione. Per un'uscita a tensione elevata con un basso consumo di energia viene scelto il secondo percorso di retroazione



Breve descrizione dei disegni

La fig. 1 è un diagramma di circuito a blocchi che illustra una realizzazione della presente invenzione.

La fig. 2a è un diagramma di circuito a blocchi che illustra una prima configurazione di commutazione del diagramma di circuito a blocchi illustrato in fig. 1, per mezzo del quale viene ottenuta un'uscita di tensione altamente stabile e precisa.

La fig. 2b è un diagramma di circuito a blocchi che illustra una seconda configurazione di commutazione del diagramma di circuito a blocchi illustrato in fig. 1, per mezzo del quale viene ottenuta un'uscita di tensione a basso consumo di energia.

La fig. 3a illustra un diagramma di circuito per una realizzazione con un resistore variabile R1.

La fig. 3b illustra un diagramma di circuito per una realizzazione con un resistore variabile R2.

La fig. 4 è un diagramma di circuito che illustra una parte del convertitore da digitale ad analogico per convertire un ingresso digitale in una pluralità di livelli di uscita di tensione.

La fig. 5 illustra una realizzazione di una catena di diodi per la regolazione approssimativa della tensione della $V_{\text{pomp_part}}$.

La fig. 6 illustra un circuito di scarico per la commutazione da un percorso di retroazione al successivo.

Modalità migliore per la realizzazione
dell'invenzione

In fig. 1, la presente invenzione è illustrata con una pompa di carica avente un primo terminale 12 di ingresso connesso ad un alimentatore di Vcc, un secondo terminale 14 di ingresso connesso al terminale di uscita di una porta AND 18 a due ingressi, un ingresso dei quali riceve un segnale di temporizzazione clk, e un terminale 16 di uscita connesso ad un nodo 20 OUT_PUMP. Il nodo 20 OUT_PUMP è inoltre con-

nesso alla sorgente di un pass-transistor PMOS 22 e anche al terminale di ingresso negativo di un primo amplificatore operazionale 24 che funziona come un primo comparatore di tensione. Il terminale di ingresso positivo del primo amplificatore operazionale 24 si connette ad una prima tensione di riferimento V_{ref_pump} . Il pozzo del transistor PMOS 22 si connette ad un terminale di uscita OUT 33 e ad una estremità di un divisore di tensione formato da un resistore a valore fisso R1 26 e un resistore variabile R2 28 connessi in modo seriale. L'altra estremità di detto divisore di tensione si connette a massa. La porta del transistor PMOS 22 si connette ad un primo mezzo di commutazione 36 a due vie che connette la porta del transistor PMOS 22 all'uscita di un secondo amplificatore operazionale 32 o a massa. La presa centrale (center_tap) 30 del divisore di tensione si connette al terminale di ingresso positivo del secondo amplificatore operazionale 32 e all'ingresso negativo di un terzo amplificatore operazionale 34, funzionando come rispettivi amplificatore d'errore del loop e secondo comparatore di tensione. Il terminale di ingresso negativo del secondo amplificatore operazionale 32 e il terminale di ingresso positivo del terzo amplificatore operazionale 33 si connettono ad

una seconda tensione di riferimento V_{ref} . Un secondo mezzo di commutazione 38 a due vie connette l'uscita del terzo amplificatore operazionale 34 oppure l'uscita del primo amplificatore operazionale 24 ad un secondo terminale di ingresso della porta AND 18. L'uscita della tensione regolata viene portata al terminale OUT 33 di uscita della tensione in corrispondenza del pozzo del transistor PMOS 22.

La fig. 2a illustra la posizione di commutazione per una modalità di uscita della tensione di alta precisione. In fig. 2a, il primo mezzo di commutazione 36 a due vie è illustrato mentre connette l'uscita del secondo amplificatore operazionale 32 alla porta del transistor PMOS 22. Il secondo mezzo di commutazione 38 connette l'uscita del primo amplificatore operazionale 24 al primo terminale di ingresso della porta AND 18. In questa configurazione, il loop di retroazione consiste del divisore di tensione formato da R1 26 e R2 28, dal secondo amplificatore operazionale 32 e dal transistor PMOS 22. Il livello dell'uscita di tensione (V_{out}) viene controllato tramite regolazione del resistore variabile R2 8 come determinato nella seguente formula:

$$R_1$$

$$V_{out} = V_{ref} * (1 + \frac{1}{R_2}) \quad (Eq. 1)$$

(Ing. L. Parisi)
n. 852



Il secondo amplificatore operazionale 32 confronta la tensione in corrispondenza della presa centrale (center_tap) 30 del divisore di tensione con la tensione di riferimento V_{ref} e presenta un segnale proporzionale alla loro differenza in corrispondenza della porta del transistor PMOS 22. Se la tensione in corrispondenza della presa centrale (center_tap) 30 del divisore di tensione è maggiore della tensione di riferimento V_{ref} , la tensione di uscita del secondo amplificatore operazionale 32 verrà aumentata, riducendo in tal modo la conduttività del transistor PMOS 22 e riportando la tensione in corrispondenza del terminale OUT 33 di uscita della tensione al valore desiderato. In modo simile, se la tensione in corrispondenza della presa centrale (center_tap) 30 del divisore di tensione è inferiore alla tensione di riferimento V_{ref} , la tensione di uscita del secondo amplificatore operazionale 32 si riduce, aumentando in tal modo la conduttività del transistor PMOS 22 e riportando la tensione desiderata in corrispondenza del terminale OUT 33 di uscita della tensione.

La fig. 2b illustra le posizioni di commutazione per una modalità a basso consumo di energia. Nella

figura, il primo mezzo di commutazione 36 a due vie connette la porta del transistor PMOS 22 a massa, fornendo in tal modo una connessione elettrica diretta tra l'uscita 16 della pompa 10 di carica e il terminale OUT 33 di uscita della tensione. Il loop di retroazione consiste del divisore di tensione formato da R1 26 e R2 28, dal terzo amplificatore operazionale 34 e dalla porta AND 18 a due ingressi. Il terzo amplificatore operazionale 34 confronta la tensione in corrispondenza della presa centrale (center_tap) 30 del divisore di tensione con la tensione di riferimento V_{ref} e produce un segnale digitale uguale a V_{CC} se $V_{ref} > V_{center_tap}$ o uguale a massa se $V_{ref} < V_{center_tap}$ e presenza il segnale digitale in corrispondenza del primo ingresso della porta AND 18. Questo segnale proveniente dal terzo amplificatore operazionale 34 decide se il segnale di temporizzazione clk, che viene utilizzato dalla pompa di carica 10 per sollevare la tensione in corrispondenza del proprio nodo 20 OUT_PUMP, alimenta o meno la pompa di carica. Se la tensione in corrispondenza della presa centrale (center_tap) 30 del divisore di tensione è maggiore o uguale alla tensione di riferimento V_{ref} , allora il terzo amplificatore operazionale 34 presenta una logica bassa in corrispondenza della sua uscita, impe-

dendo in tal modo al segnale di temporizzazione clk di raggiungere la pompa di carica 10. Se d'altro canto la tensione in corrispondenza della presa centrale (center_tap) del divisore di tensione è inferiore a quella di V_{ref} , verrà prodotto un segnale assertivo in corrispondenza dell'uscita del terzo amplificatore operazionale 34, consentendo in tal modo al segnale di temporizzazione in corrispondenza del secondo ingresso della porta AND 18 di raggiungere la pompa di carica 10, che a sua volta solleva la tensione in corrispondenza dell'uscita OUT_PUMP della pompa di carica fino alla propria tensione desiderata.

Le commutazioni tra i due percorsi di retroazione possono venire facilitate comparando l'uscita della tensione in corrispondenza del terminale OUT 33 di uscita della tensione con un punto di funzionamento richiesto della tensione (V_s), che dipende dall'applicazione. In un modello tipico, il punto di funzionamento richiesto è 8V. Al di sotto di 8V si necessita solitamente di una tensione di uscita più accurata. Al di sopra di 8V, si preferisce la regolazione ad "arresto di fase" poiché il problema principale è il basso consumo di energia. In una realizzazione, V_{out} può essere codificata in un numero binario e viene comparata con un punto di funzionamento ri-

chiesto binario V_s . Se V_{out} è inferiore a V_s , i mezzi di commutazione a due vie sono configurati come illustrato in fig. 2a per fornire un'uscita della tensione di alta precisione. Se V_{out} è maggiore di V_s , i mezzi di commutazione a due vie sono configurati come illustrato in fig. 2b per ridurre il consumo di energia.

Sebbene nella realizzazione suddescritta un transistor PMOS venga utilizzato come dispositivo regolatore, può anche essere utilizzato un transistor NMOS con il proprio pozzo connesso al nodo OUT_PUMP 20 e la propria sorgente connessa al nodo OUT 33. Vi sono notevoli vantaggi associati all'uso di un transistor PMOS. Ad esempio, esso fornisce un calo di tensione molto basso attraverso il proprio canale senza alcuna sovralimentazione della tensione della porta. Infatti, per una data tensione V_{out} , maggiore è la corrente di carico minore è la tensione di porta. Per correnti di carico estremamente elevate (particolarmente quando V_{out} è un valore elevato) il transistor PMOS uscirà infine dalla regione di saturazione ed entrerà nella regione lineare, con la tensione di porta che cala verso un potenziale di massa. La tensione massima implicata nella struttura è la tensione della sorgente, che è la tensione in corrispondenza del nodo OUT_PUMP



20. Dunque V_{out} può essere regolata vicino al valore V_{out_pump} senza alcun rialzo di tensione rispetto al valore V_{out_pump} . Se viene utilizzato un transistor NMOS, in condizioni simili (valori di V_{out} elevati con enormi correnti di carico), la tensione di porta deve essere almeno di una tensione di soglia al di sopra del valore di V_{out} : $V_g > V_{out} + V_{th}$. Se V_{out} deve essere regolata vicino al valore V_{out_pump} , è necessario un rialzo della tensione di porta rispetto al valore V_{out_pump} . Dunque, per un dato livello di V_{out} , la tensione massima implicata nella struttura con un transistor PMOS è inferiore alla tensione massima implicata nella struttura con il transistor NMOS. Poiché questa tensione viene fornita dalla pompa di carica, è necessario un sovradimensionamento del transistor NMOS rispetto al contenitore del transistore PMOS.

Come mostrato nell'equazione 1, la tensione di uscita V_{out} in corrispondenza del terminale OUT 33 di uscita della tensione viene influenzata sia da $R1$ che da $R2$. Nella realizzazione suddescritta, $R1$ è fisso, mentre $R2$ varia. È anche plausibile che $R2$ sia fisso e $R1$ vari, come illustrato in fig. 3a. Nella figura, $R1$ è composto da una serie di resistori con il valore R . Il valore di $R1$ viene determinato tagliando o aggiungendo questi resistori R alla catena di resisto-

ri, utilizzando una serie di transistor PMOS 62. Il vantaggio di un $R1$ regolabile è rappresentato dal fatto che la corrente di polarizzazione del transistor PMOS viene dettata dall'equazione: $i_{\text{polarizzazione}} = V_{\text{ref}}/R2$. Questo è un vantaggio in termini di compensazione del loop (il transistor PMOS ha una corrente di polarizzazione fissa in condizioni non di carico). La relazione tra V_{out} e $R1$ è lineare, dunque incrementi uguali in V_{out} corrispondono ad incrementi uguali nel valore $R1$. Ciò è un vantaggio sia dal punto di vista del layout e che dell'affidabilità.

D'altro canto, i segnali $SH1$ - SHn , che a turni tagliano o aggiungono una porzione resistiva ad $R1$, devono avere come riferimento il livello di V_{out} o $V_{\text{out_pump}}$, non di V_{cc} . In caso contrario, i commutatori 62 non avrebbero una buona chiusura o apertura. Dunque sono necessari circuiti dedicati, quali elevatori 60, che trasformano i segnali di controllo digitali $S1$ nei segnali $SH1$ del livello di V_{out} (o $V_{\text{out_pump}}$). Questi commutatori 62 devono essere del tipo ad alta tensione, con una conduttività ridotta e una maggiore area occupata.

Se $R1$ è fisso e $R2$ viene regolato come illustrato in fig. 3b, la corrente di polarizzazione del dispositivo regolatore è una funzione del valore di V_{out} :

$i_{\text{polarizzazione}} = (V_{\text{out}} - V_{\text{ref}}) / R1$. Minore è il valore di V_{out} , minore è la $i_{\text{polarizzazione}}$. Questo potrebbe rappresentare un problema in termini di compensazione del loop e comportamento transitorio del circuito a causa della scarica lenta dei nodi OUT 33 altamente capacitivi e della presa centrale (center_tap) con correnti relativamente ridotte. Ma ciò può essere superato facilmente con una rete che genera un carico variabile con il valore di V_{out} come parte della funzione, in modo da ottenere una corrente di polarizzazione costante. Poiché la relazione tra V_{out} e R2 26 non è lineare, uguali incrementi del V_{out} non corrispondono ad uguali incrementi del valore di R2 26. Pertanto, R2 26 è rappresentato da un modulo di resistenza con valori diversi l'uno dall'altro. Il vantaggio principale di un tale approccio è che gli n commutatori 70 possono avere come riferimento il livello di V_{cc} , poiché bypassano la porzione resistiva verso massa. In questo modo, non è necessario alcun circuito elevatore per implementare la traslazione di livello da V_{cc} a V_{out} e i commutatori 70 possono essere del tipo a bassa tensione, il che occupa un'area minore e offre una maggiore conduttività.

Il circuito suddescritto può essere utilizzato come convertitore da digitale ad analogico (DAC) che

fornisce una molteplicità di tensioni di uscita con elevata precisione su un'ampia gamma di carichi di corrente. La fig. 4 illustra un ingresso per tale DAC. Nella figura, una linea 40 di ingresso del segnale digitale si connette ad un circuito logico combinatorio 42 che decodifica il segnale digitale e invia un segnale assertivo alla porta di una delle sei pass gate 44 che connettono uno o più resistori 48 a massa. Il numero del valore di tensione da regolare è correlato al numero di pass gate 44. In questo esempio, vengono utilizzate 6 pass gate, che forniscono 6 valori di tensione regolata. La serie di resistori 48 forma il resistore variabile R2 28. Deviando il segnale digitale in corrispondenza della linea 40 di ingresso digitale a vari valori R2, si possono realizzare una pluralità di uscite di tensione analogiche in corrispondenza del terminale OUT 33 di uscita della tensione.

In una presente implementazione del circuito di regolazione, la tensione 20 V_{out_pump} viene regolata approssimativamente a diversi valori a seconda del valore di V_{out} . I diversi valori di 20 V_{out_pump} corrispondono a diverse gamme di V_{out} . Questo approccio riduce il consumo per il nodo OUT_PUMP 20 e l'alimentazione di V_{cc} , e riduce la sollecitazione elettrica attra-

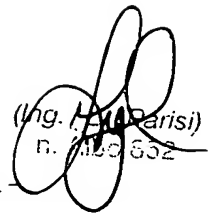
(Iniziale Parigi)
N. Albo 852

verso il dispositivo regolatore 22. Se la pompa di carica 10 venisse lasciata nella modalità di funzionamento libero, apparirebbe una V_{out_pump} estremamente elevata sulla sorgente del dispositivo regolatore 22, anche quando viene regolata una V_{out} bassa. Come risultato, sorgerebbero problemi di scarica disruptiva e sollecitazione. L'amplificatore 32 d'errore viene alimentato dal nodo 20 OUT_PUMP. Se da questo nodo venisse assorbita una corrente relativamente elevata, la tensione di V_{out_pump} potrebbe essere molto diversa dalla tensione massima fornita nominalmente dalla pompa (come noto nella letteratura, una pompa di carica ha uno schema equivalente di Thevenin con una sorgente di energia VPO e una resistenza seriale R_s attaccata al nodo di uscita della pompa, in cui la tensione V_{pump} viene misurata. VPO è la tensione senza consumo di carico. Una volta che la corrente di carico viene fissata, la tensione massima V_{pump} viene determinata da VPO e R_s). Questo fatto può causare difficoltà nel dimensionamento e nel controllo della stabilità dell'amplificatore 32 d'errore, poiché il suo livello di alimentazione potrebbe non venire determinato accuratamente. Al di là di questo fatto, dall'alimentazione di V_{cc} si osserverebbe un maggior consumo di corrente. Inoltre, una elevata V_{out_pump} con



una V_{out} bassa provoca problemi di stabilità strettamente legati al dispositivo di controllo 22. Il numero di tensioni V_{out_pump} regolate approssimativamente è un compromesso tra consumo di corrente, stabilità e considerazioni transitorie.

È inoltre possibile ridurre il numero di amplificatori operazionali utilizzati combinando la funzione del primo amplificatore operazionale 24 e del terzo amplificatore operazionale 34. Come illustrato schematicamente in fig. 2a, la V_{out_pump} viene comparata con la tensione V_{ref_pump} in corrispondenza dell'ingresso del primo amplificatore operazionale 24. L'uscita del primo amplificatore operazionale 24 consente al temporizzatore clk di alimentare la pompa di carica 10. Questa rete può venire implementata in diversi modi. Anziché utilizzare una V_{ref_pump} diversa dalla tensione V_{ref} , gli ingressi del primo amplificatore operazionale 24 possono essere V_{ref} e una partizione della tensione V_{out_pump} . È importante che questa rete di partizione non assorba troppa corrente dal nodo OUT_PUMP in modo da mantenere basso il consumo di corrente dalla pompa. Poiché questo può venire approssimativamente regolato, si può utilizzare una semplice catena 82 di diodi per ottenere la tensione V_{pump_part} , come illustrato in fig. 5. Inoltre, con questa semplice



(Ing. H. Parisi)
N. 100 652

rete, la V_{out_pump} può essere facilmente regolata a valori differenti per mezzo dei commutatori 80 ad alta tensione che bypassano alcuni diodi 82 della catena. I commutatori 80 vengono controllati da segnali che si riferiscono ad un livello di V_{out_pump} , derivati per mezzo di blocchi elevatori 84 da segnali logici SEL#. Il primo amplificatore operativo commuta quando V_{pump_part} 86 è uguale a V_{ref} . In questa situazione, se i diodi sono uguali l'uno all'altro, ogni diodo ha un V_{gs} uguale a V_{ref} . Supponendo che d sia il numero di diodi connessi tra il nodo 20 OUT_PUMP e il nodo 26 PUMP_PART, la tensione regolata V_{out_pump} è $[V_{out_pump} = (d+1) \cdot V_{ref}]$. V_{out_pump} è quindi un multiplo della tensione V_{ref} .

È inoltre desiderabile un circuito addizionale che controlli il corto tra OUTPUMP e OUT per evitare ondulazioni indesiderabili in corrispondenza del nodo 33 OUT durante la commutazione da un percorso di retroazione ad un altro. Un circuito di controllo, come quello illustrato in fig. 6, scarica la tensione in corrispondenza del nodo 33 OUT durante una commutazione, fino a che V_{out} è uguale a V_{out_pump} .

Come illustrato in fig. 6, quando la V_{out} decodificata è maggiore di V_s , il segnale GO_HIGH 100 ad un livello elevato fa sì che V_{HIGH} 102 si sollevi. Con

V_{HIGH} 102 ad un livello elevato, il circuito di scarico è abilitato. A meno che $V_{out_pump} > (V_{out} + V_{th_M1})$, DISCH_SUP 104 viene mantenuto alto e M3 106 acceso, in modo da continuare a scaricare il nodo OUT_PUMP. Quando V_{out_pump} 20 diminuisce a valori vicini a $(V_{out} + V_{th_M1})$, la corrente di M2, controllata da V_{ref} e agente come generatore di corrente, inizia a scaricare il nodo DISCH_SUP 104, spegnendo M3 e arrestando la fase di scarico del nodo OUT_PUMP. Quando la tensione di DISCH_SUP 104 diminuisce fino al di sotto del punto di azionamento di un primo invertitore, il segnale V_{LOW} 112 si abbassa.

V_{HIGH} 102 ad alto livello disconnette l'ingresso del primo comparatore da PUMP_PART 86 e lo connette al nodo 30 della presa centrale (center_tap). V_{LOW} 112 ad alto livello abilita l'amplificatore 32 d'errore. V_{LOW} a basso livello disabilita l'amplificatore 32 d'errore e cortocircuita la porta del dispositivo regolatore 22 a massa, e conseguentemente cortocircuita OUT_PUMP 20 al OUT 33. Una volta che lo scarico dal nodo 20 OUT_PUMP è terminato, la regolazione di detta tensione $V_{out} \approx V_{out_pump}$ viene ottenuta arrestando in modo adeguato il temporizzatore clk che alimenta la pompa di carica.

(Ing. L. Parisi)
D. 852

Rivendicazioni

1. Circuito di pompa di carica avente un terminale di uscita della tensione, comprendente:

a) primi mezzi di retroazione per regolare in modo preciso la tensione in corrispondenza di detto terminale di uscita della tensione di detta pompa di carica tramite controllo della conduttanza di un dispositivo di controllo connesso attraverso una resistenza tra detta uscita di tensione massa;

b) secondi mezzi di retroazione per regolare la tensione in corrispondenza di detto terminale di uscita della tensione di detta pompa di carica tramite controllo dell'alimentazione di un segnale di temporizzazione a detta pompa di carica; e

c) mezzi di commutazione a due vie che azionano i primi mezzi di retroazione esclusivamente se la tensione di uscita di detta pompa di carica è al di sotto di un punto predeterminato di funzionamento richiesto, e azionano detti secondi mezzi di retroazione esclusivamente se la tensione di uscita di detta pompa di carica è al di sopra di detto punto predeterminato di funzionamento richiesto.

2. Circuito di pompa di carica secondo la rivendicazione 1, in cui detti primi mezzi di retroazione comprendono:



(ing. L. Parisi)
n. 852

a) un primo amplificatore operazionale con un terminale di ingresso negativo, un terminale di ingresso positivo e un terminale di uscita, detto terminale di ingresso negativo di detto primo amplificatore operazionale essendo connesso a detto terminale di uscita della tensione di detta pompa di carica, detto terminale di ingresso positivo di detto primo amplificatore operazionale essendo connesso ad un primo riferimento di tensione, detto terminale di uscita di detto primo amplificatore operazionale essendo connesso ad un terminale di ingresso di una porta AND a due ingressi attraverso primi mezzi di commutazione a due vie, un segnale di temporizzazione essendo alimentato ad un secondo terminale di ingresso di detta porta AND, l'uscita di detta porta AND essendo connessa ad un terminale di ingresso di detta pompa di carica; e

b) una pass gate avente un terminale di ingresso, un terminale di uscita e un terminale di controllo, in cui detto terminale di ingresso di detta pass gate si connette a detto terminale di uscita della tensione di detta pompa di carica, detto terminale di uscita di detta pass gate si connette ad un terminale di un primo resistore, l'altro terminale di detto primo resistore essendo connesso ad un terminale di ingres-

so positivo di un secondo amplificatore operazionale e ad un terminale di un secondo resistore, l'altro terminale di detto secondo resistore si connette a massa, un terminale di ingresso negativo di detto secondo amplificatore operazionale si connette ad un secondo riferimento di tensione, mentre un terminale di uscita di detto secondo amplificatore operazionale si connette a detto terminale di controllo di detta pass gate attraverso secondi mezzi di commutazione a due vie.

3. Circuito di pompa di carica secondo la rivendicazione 2, in cui detto primo resistore è un resistore a valore fisso, mentre detto secondo resistore è un resistore variabile.

4. Circuito di pompa di carica secondo la rivendicazione 2, in cui in cui detto primo resistore è un resistore variabile, mentre detto secondo resistore è un resistore a valore fisso.

5. Circuito di pompa di carica secondo la rivendicazione 2, in cui detti secondi mezzi di retroazione comprendono un terzo amplificatore operazionale avente un terminale di ingresso negativo, un terminale di ingresso positivo e un terminale di uscita, detto terminale di ingresso negativo di detto terzo amplificatore operazionale si connette ad un nodo co-

mune formato da detti primo e secondo resistore, detto terminale di ingresso positivo si connette a detta seconda tensione di riferimento, detto terminale di uscita si connette a detto primo ingresso di detta porta AND attraverso detti primi mezzi di commutazione.

6. Circuito di pompa di carica secondo la rivendicazione 5, in cui detto primo resistore è un resistore a valore fisso, mentre detto secondo resistore è un resistore variabile.

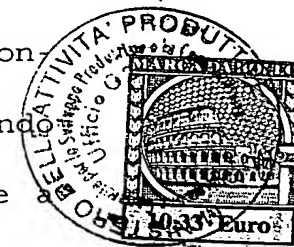
7. Circuito di pompa di carica secondo la rivendicazione 5, in cui in cui detto primo resistore è un resistore variabile, mentre detto secondo resistore è un resistore a valore fisso.

8. Circuito di pompa di carica secondo una qualunque delle rivendicazioni 3, 4, 6 e 7, in cui detto valore resistivo di detto resistore variabile viene stabilito da un segnale digitale, trasformando in tal modo detto circuito di pompa di carica in un circuito da digitale ad analogico.

9. Circuito di pompa di carica secondo la rivendicazione 8, in cui detto resistore variabile comprende una pluralità di resistori connessi in serie per formare una catena avente un primo terminale, un secondo terminale, e una pluralità di nodi intermedi

Ing. L. Carisi
N. 852

formati dall'intersezione di detti resistori, detto primo terminale di detto resistore variabile si connette a detto resistore a valore fisso, detto secondo terminale di detto resistore variabile si connette a massa, ognuno di detti nodi intermedi si connette al pozzo di un transistor NMOS, detti transistor NMOS aventi ognuno una porta che è connessa ad uno di una pluralità di terminali di uscita di un circuito logico combinatorio e una sorgente che si connette a massa, detto circuito logico combinatorio avendo un terminale di ingresso che è connesso ad una linea di ingresso digitale, per cui un segnale digitale in corrispondenza di detta linea di ingresso digitale verrà convertito in un segnale assertivo in corrispondenza di uno di detta pluralità di terminali di uscita di detto circuito logico combinatorio.



10. Circuito di pompa di carica secondo la rivendicazione 1, in cui detto dispositivo di controllo è un transistor PMOS.

11. Circuito di pompa di carica secondo la rivendicazione 1, in cui detto dispositivo di controllo è un transistor NMOS.

12. Circuito di pompa di carica secondo la rivendicazione 1, in cui la tensione in corrispondenza di detto terminale di uscita della tensione di detta

(Ing.) A. Parisi
N. Aldo 852


pompa di carica viene inoltre regolata tramite mezzi di scarico della tensione connessi a detto terminale di uscita di detta pompa di carica, per cui la tensione accresciuta può essere scaricata durante la commutazione da un mezzo di retroazione all'altro per evitare ondulazioni indesiderabili in corrispondenza di detto terminale di uscita di detta pompa di carica.

13. Circuito di pompa di carica secondo la rivendicazione 2, in cui detto livello di detta tensione di uscita di detta pompa di carica viene stabilito tramite mezzi di regolazione approssimativa comprendenti una catena di diodi connessi tra detto terminale di uscita di detta pompa di carica e il terminale negativo di detto primo amplificatore operazionale.

14. Circuito regolato di pompa di carica comprendente:

a) una pompa di carica avente un primo terminale di ingresso, un secondo terminale di ingresso e un terminale di uscita;

b) un dispositivo regolatore avente un terminale di ingresso, un terminale di uscita e un terminale di controllo, detto terminale di ingresso di detto dispositivo regolatore essendo connesso a detto terminale di uscita di detta pompa di carica;



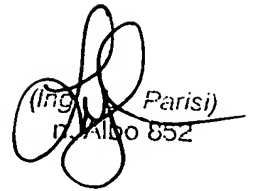
Parisi)
n. 852

c) un primo elemento resistivo avente un primo e un secondo terminale, detto primo terminale di detto primo elemento resistivo essendo connesso a detto terminale di uscita di detto dispositivo regolatore e ad un terminale di uscita della tensione regolata;

d) un secondo elemento resistivo avente un primo e un secondo terminale, detto primo terminale di detto secondo elemento resistivo essendo connesso a detto secondo terminale di detto primo elemento resistivo, formando un nodo comune, detto secondo terminale di detto secondo elemento resistivo essendo connesso a massa;

e) un primo amplificatore operazionale avente un terminale di ingresso positivo, un terminale di ingresso negativo e un terminale di uscita, detto terminale di ingresso positivo essendo connesso a detto nodo comune, detto terminale di ingresso negativo essendo connesso ad una prima tensione di riferimento;

f) primi mezzi di commutazione a due vie aventi un primo terminale di ingresso, un secondo terminale di ingresso, un terminale di controllo della commutazione e un terminale di uscita, detto terminale di uscita di detti mezzi di commutazione a due vie essendo connesso a detto terminale di controllo di detto dispositivo controllore, detto primo terminale di



(Ing. A. Parisi)
n. Albo 852

ingresso di detti mezzi di commutazione a due vie essendo connesso a detta uscita di detto primo amplificatore operativo, detto secondo terminale di ingresso di detti mezzi di commutazione a due vie essendo connesso a massa, per cui detti mezzi di commutazione a due vie connettono detta uscita di detto primo amplificatore operativo o detta massa a detto terminale di controllo di detto dispositivo controllore in base ad un segnale ricevuto da detto ingresso di controllo della commutazione;

g) un secondo amplificatore operativo avente un terminale di ingresso positivo, un terminale di ingresso negativo e un terminale di uscita, detto terminale di ingresso negativo di detto secondo amplificatore operativo essendo connesso a detto nodo comune, detto terminale di ingresso positivo di detto secondo amplificatore operativo essendo connesso ad una prima tensione di riferimento;

h) secondi mezzi di commutazione a due vie aventi un primo terminale di ingresso, un secondo terminale di ingresso, un terminale di controllo della commutazione e un terminale di uscita, detto primo terminale di ingresso di detti secondi mezzi di commutazione a due vie essendo connesso a detta uscita di detto secondo amplificatore operativo;

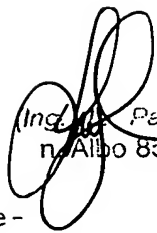
(Ing. A. Parisi)
N. Albo 852

i) una porta AND avente un primo terminale di ingresso, un secondo terminale di ingresso e un terminale di uscita, detto primo terminale di ingresso di detta porta AND essendo connesso a detto terminale di uscita di detti secondi mezzi di commutazione a due vie, detto secondo terminale di ingresso di detta porta AND essendo connesso ad un temporizzatore, detto terminale di uscita di detta porta AND essendo connesso a detto primo terminale di ingresso di detta pompa di carica, detto secondo terminale di ingresso di detta pompa di carica essendo connesso ad una tensione di alimentazione; e



j) un terzo amplificatore operazionale avente un terminale di ingresso negativo, un terminale di ingresso positivo e un terminale di uscita, detto terminale di ingresso negativo di detto terzo amplificatore operazionale essendo connesso a detto terminale di uscita di detta pompa di carica, detto terminale di ingresso positivo di detto terzo amplificatore operazionale essendo connesso ad una seconda tensione di riferimento, detto terminale di uscita di detto amplificatore operazionale essendo connesso a detto secondo terminale di ingresso di detti secondi mezzi di commutazione a due vie.

15. Circuito regolato di pompa di carica secondo



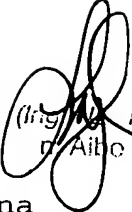
(Ing. M. Parisi)
n. Albo 852

la rivendicazione 14, in cui detto primo elemento resistivo è un resistore a valore fisso mentre detto secondo elemento resistivo è un resistore a valore variabile.

16. Circuito regolato di pompa di carica secondo la rivendicazione 14, in cui detto primo elemento resistivo è un resistore a valore variabile mentre detto secondo elemento resistivo è un resistore a valore fisso.

17. Circuito di pompa di carica secondo la rivendicazione 15 o 16, in cui il valore di detto resistore variabile viene stabilito da un segnale digitale, trasformando in tal modo detto circuito di pompa di carica in un circuito da digitale ad analogico.

18. Circuito di pompa di carica secondo la rivendicazione 17, in cui detto resistore variabile comprende una pluralità di resistori per formare una catena avente un primo terminale, un secondo terminale, e una pluralità di nodi intermedi formati dall'intersezione di detti resistori, detto primo terminale di detto resistore variabile si connette a detto resistore a valore fisso, detto secondo terminale di detto resistore variabile si connette a massa, ognuno di detti nodi intermedi si connette al pozzo di un transistor NMOS, detti transistor NMOS



(Ing. A. Parisi)
n° Atto 852

avendo ognuno una porta che è connessa ad uno di una pluralità di terminali di uscita di un circuito logico combinatorio e una sorgente che si connette a massa, detto circuito logico combinatorio avendo un terminale di ingresso che è connesso ad una linea di ingresso digitale, per cui un segnale digitale in corrispondenza di detta linea di ingresso digitale verrà convertito in un segnale assertivo in corrispondenza di uno di detta pluralità di terminali di uscita di detto circuito logico combinatorio.

19. Circuito regolato di pompa di carica secondo la rivendicazione 14, in cui detto dispositivo regolatore è un transistor PMOS.

20. Circuito regolato di pompa di carica secondo la rivendicazione 14, in cui detto dispositivo regolatore è un transistor NMOS.

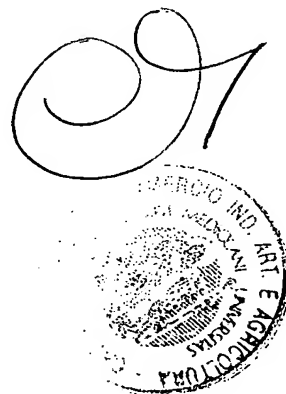
21. circuito regolato di pompa di carica secondo la rivendicazione 14, in cui la tensione in corrispondenza di detto terminale di uscita di detta pompa di carica viene inoltre regolata tramite mezzi di scarico della tensione connessi a detto terminale di uscita di detta pompa di carica, per cui le tensioni accresciute possono essere scaricate durante la commutazione da un mezzo di retroazione all'altro per evitare ondulazioni indesiderabili in corrispondenza

di detto terminale di uscita di detta pompa di carica.

22. Circuito regolato di pompa di carica secondo la rivendicazione 14, in cui detto livello di tensione in corrispondenza di detto terminale di uscita di detta pompa di carica viene inoltre controllato tramite mezzi di regolazione approssimativa comprendenti una catena di diodi connessi tra detto terminale di uscita di detta pompa di carico e il terminale negativo di detto primo amplificatore operazionale.

Milano,


(Ing. Parisi)
n. 174/802



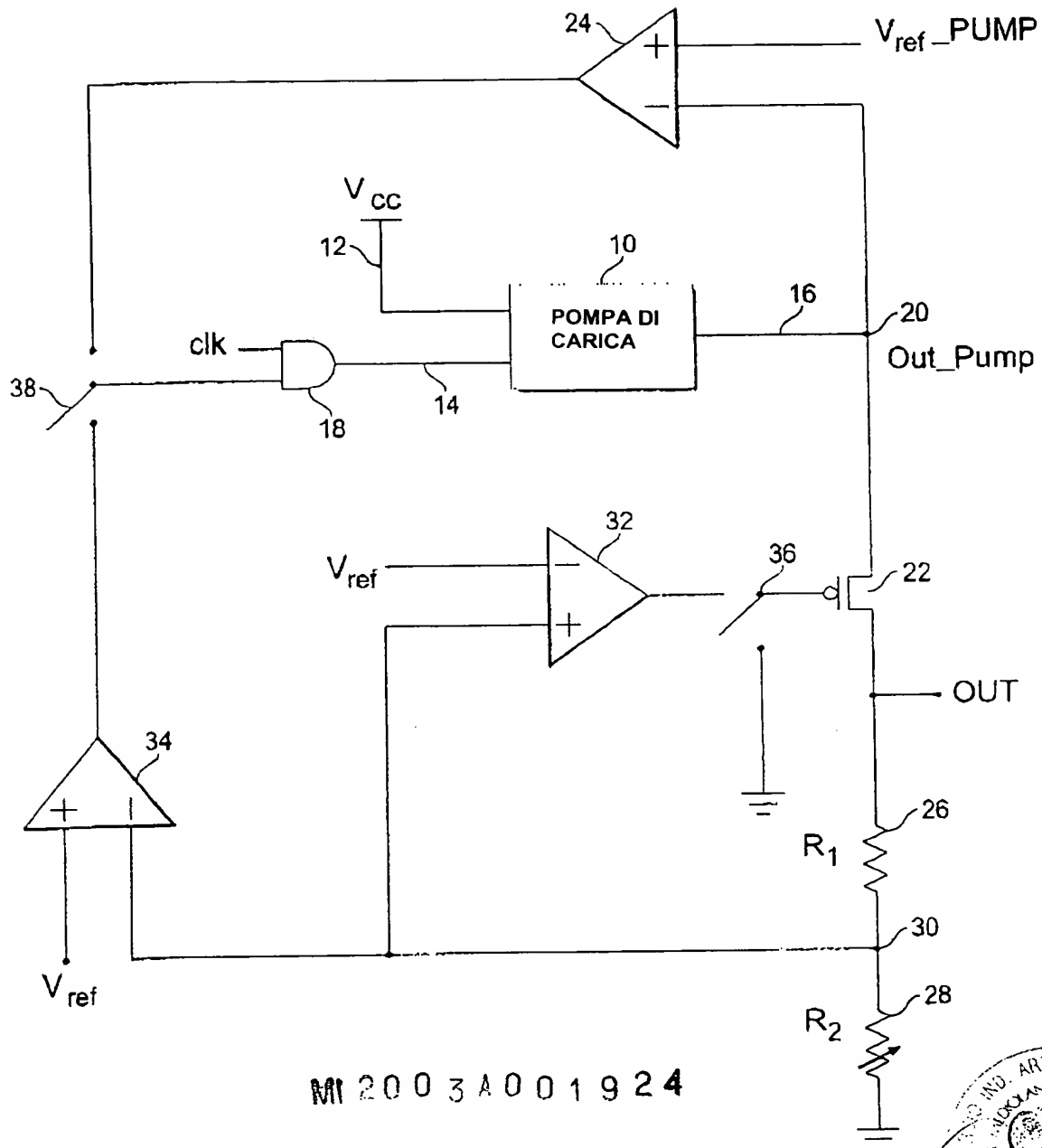
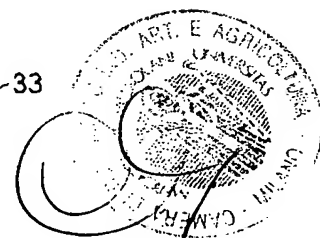
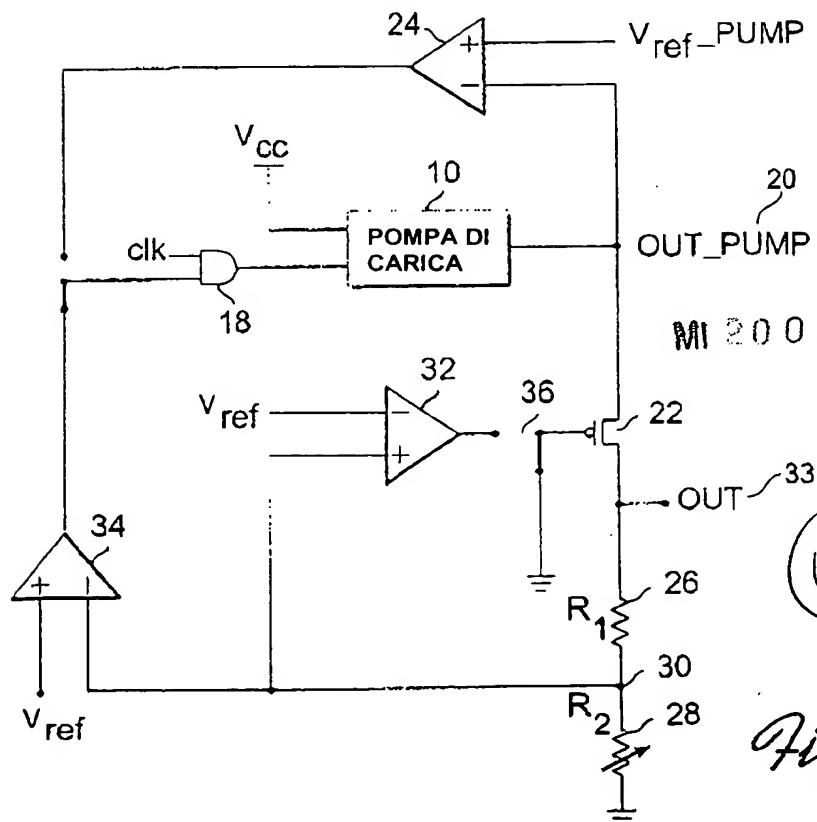
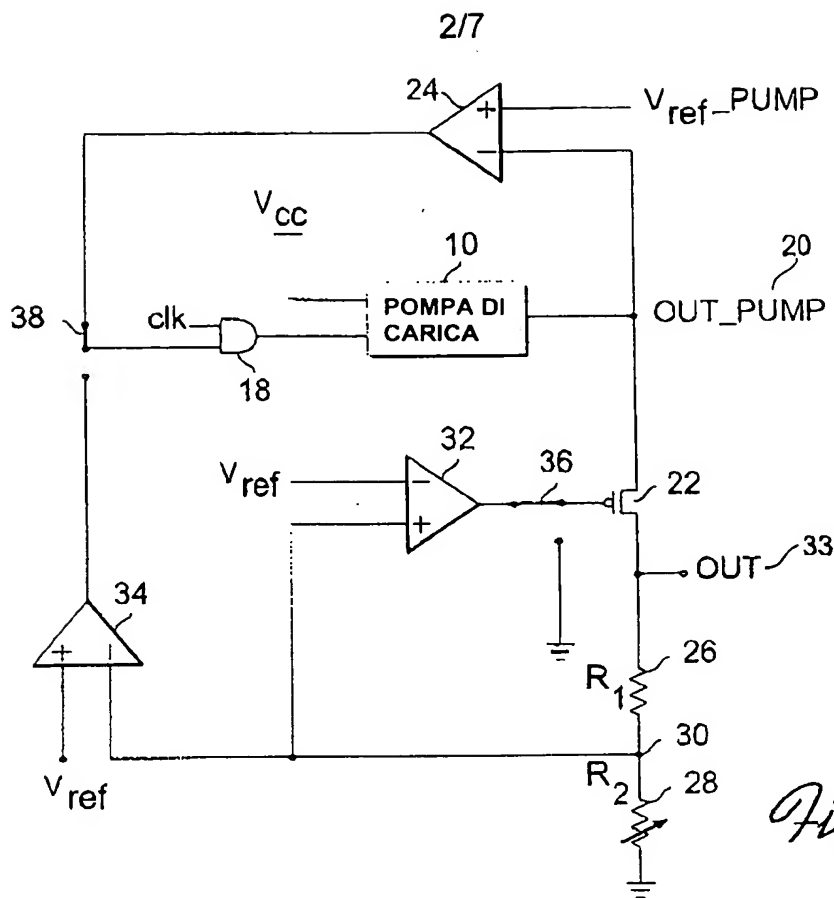


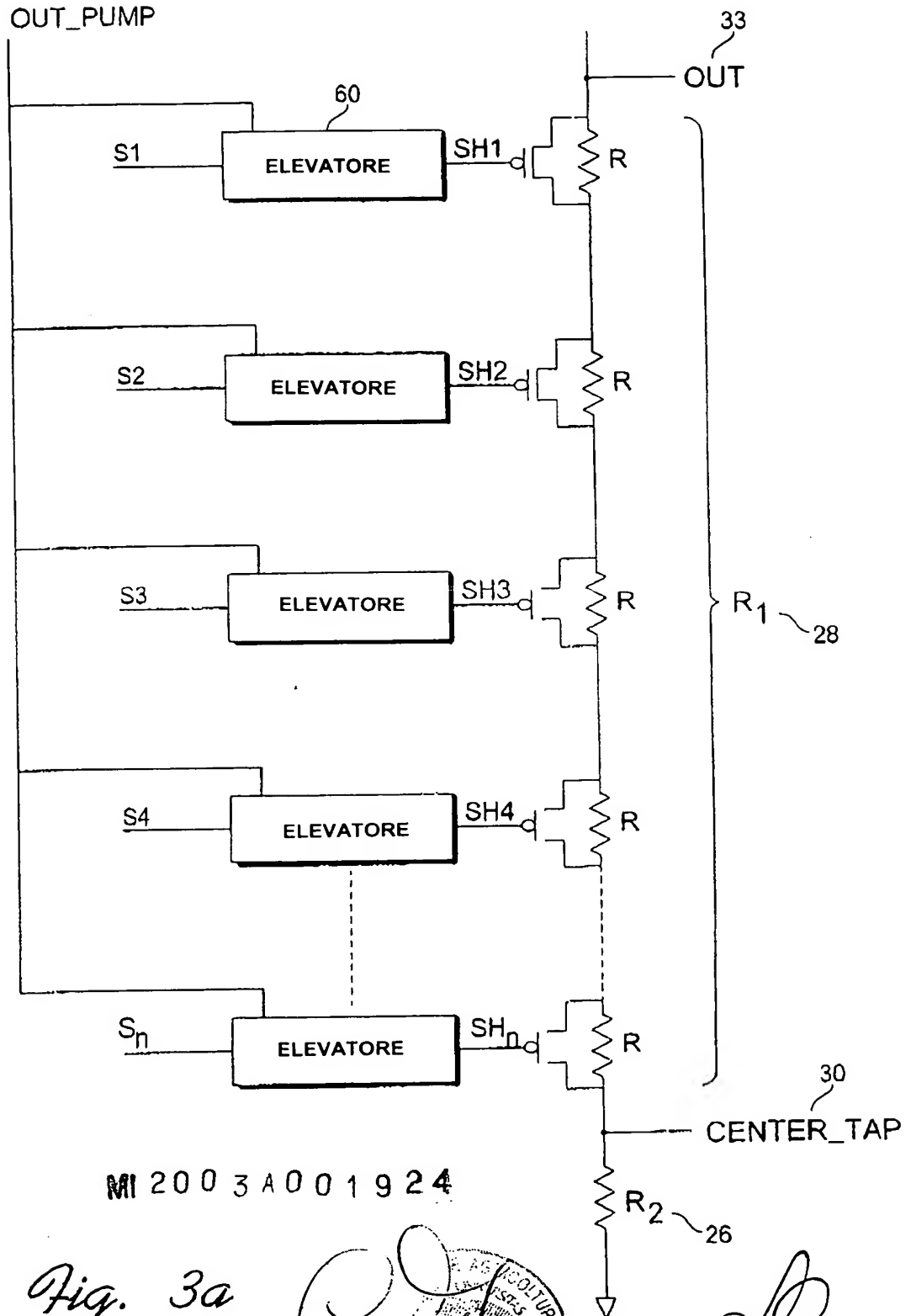
Fig. 1



(Ing. L. Parisi)
n. 852

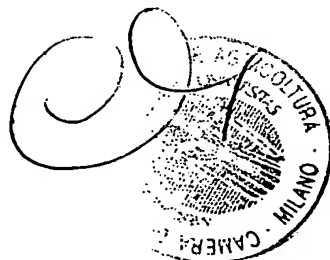


(Ing. L. Parisi)
n. Albo 852

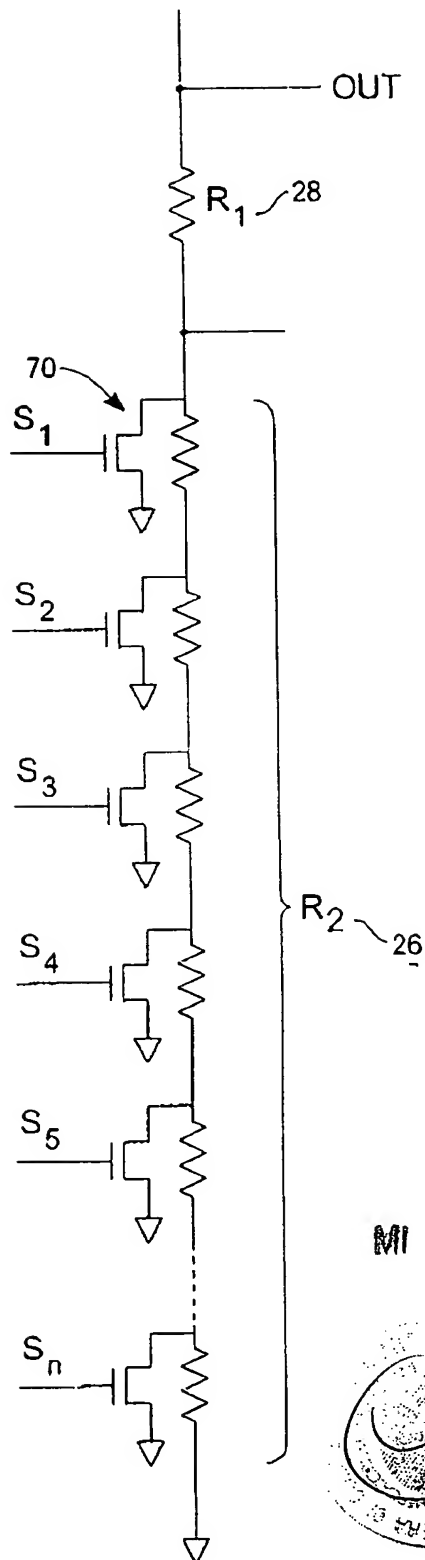


MI 200 3 A 001 924

Fig. 3a



(Ing. L. Parisi)
n. Atto 852



MI 200 3 A 0 0 1 9 2 4

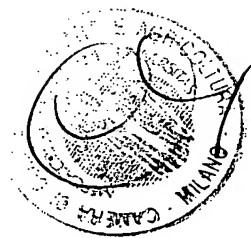
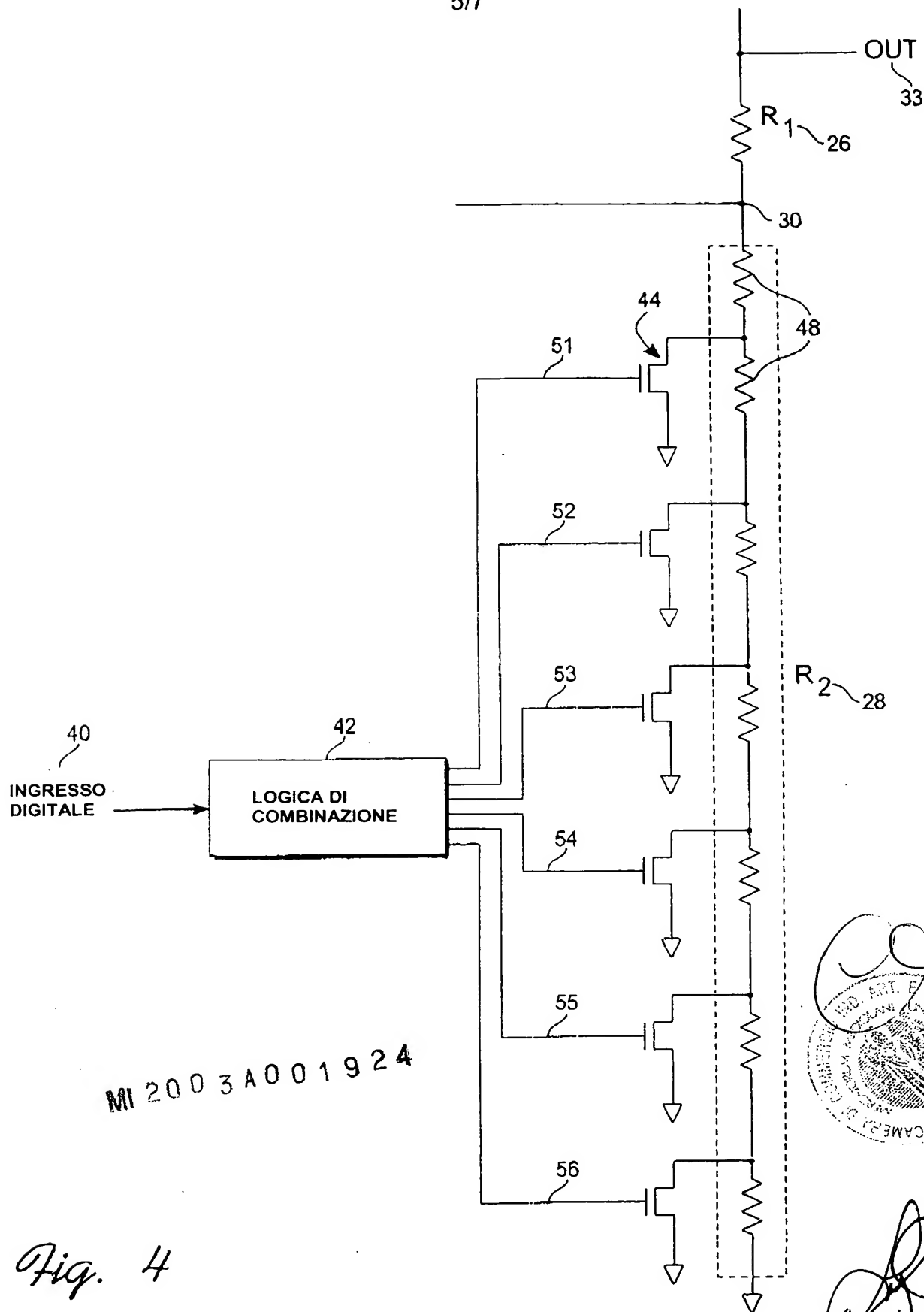


Fig. 3b

(Ing. L. Parisi)
n. Atto 852



517



MI 2003A001924

Fig. 4



(Ing. L. Parisi)
n. Atto 852

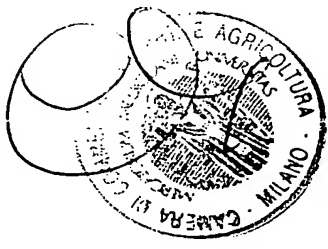


Fig. 5

(Ing. L. Parisi)
T. Albo 852

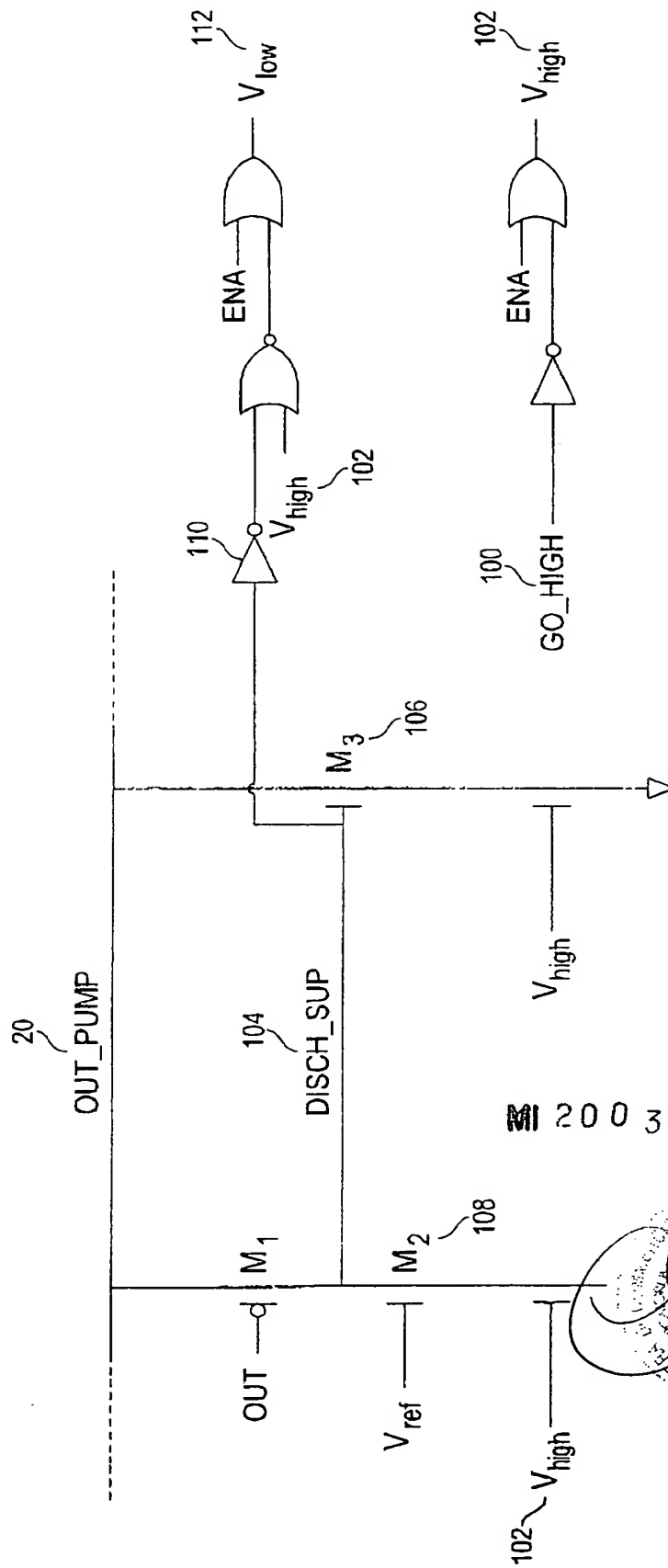
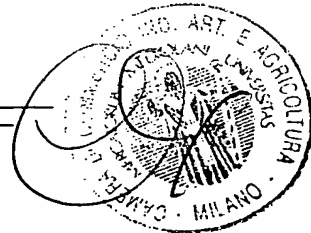


Fig. 6

MI 2003A001924



(Ing. L. Parisi)
N. 852